

RANCANG BANGUN SOLAR CELL TRACKING SYSTEM DAN PROTEKSI BEBAN LEBIH BERBASIS ARDUINO

Ryzka Jaya Dio Lesmana

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : ryzkalesmana@mhs.unesa.ac.id

Achmad Imam Agung

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : achmadimam@unesa.ac.id

Abstrak

Tracking solar cell merupakan suatu sistem dengan teknologi terbaru yaitu mengkombinasikan antara penjejak matahari dan *proteksi* terhadap beban lebih secara otomatis dapat mengoptimalkan intensitas cahaya matahari yang diserap sel surya. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan alat *tracking solar cell system* dan proteksi beban lebih berbasis Arduino UNO dan Arduino NANO. Alat ini juga dibekali sensor photodiode untuk mendeteksi datang nya cahaya matahari kemudian data dari photodiode dikirimkan ke arduino NANO untuk memberikan sinyal ke motor. Apabila beban yang disupply oleh *battrey* melebihi kapasitas *battrey* maka sensor ina219 akan mendeteksi beban lebih, sinyal tersebut akan dikirim ke arduino UNO untuk memerintahkan relay melepaskan beban. Penelitian dilakukan menggunakan metode penelitian eksperimen dengan cara merekayasa dan memberi perlakuan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian dan untuk mencari pengaruh perlakuan yang telah diberikan secara terkendali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *tracking solar cell system* dan pelepasan beban lebih berhasil meningkatkan efisiensi *solar cell* dengan hasil daya didapatkan rata-rata sebesar 10,35 watt dari sebelumnya tanpa *tracking* rata-rata sebesar 7,87 watt. Hasil pengisian (*charge*) dalam penyinaran matahari jam 07:00-16:00 WIB terisi 40,5 atau 90% dari awal pengisian 30%. *Battrey* tersebut digunakan untuk mensuplai beban sebesar 8,48 Ah, pada kondisi tersebut *battrey* mengalami proses *discharge* dan masih menyisakan kapasitas *battrey* sebesar 32,02 Ah atau 72%. Kinerja dari sistem proteksi menunjukkan hasil apabila arus beban melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 2,1 A maka hubungan antara *battrey* ke beban akan terputus.

Kata Kunci : *Automatic Tracking solar cell*, pelepasan beban, Modul INA219, *battrey*.

Abstract

Tracking solar cell is a system with the latest technology that combines solar trackers and protection against overload can automatically optimize the intensity of sunlight absorbed by the *solar cell*. The purpose of this research is resulting in a *solar cell tracking* tool overload protection system and based on the Arduino Uno and Arduino NANO. The tool is also equipped with a photodiode to detect the light of the sun then came her from the photo diode of data sent to arduino NANO to give a signal to the motor. If the load exceeds the capacity supplied by *battrey* ina219 *battrey* sensor will detect the load, the signal will be sent to arduino arduino UNO for instruct the relay to disconnect the load. Meanwhile, research's method conducted using experimental research methods by manipulating and giving systematic treatment to achieve research's goals and to find out the effects of treatment that has been given in a controlled manner. The results showed that the *solar cell tracking* system and unburdening more successful in increasing the efficiency of *solar cell* to power the results obtained by an average of 10.35 watts than before without *tracking* an average of 7.87 watts. Results charging (*charge*) the solar radiation hours 07: 00-16: 00 pm unfilled 40.5 or 90% of the initial charging 30%. The *Battrey* used to supply a load of 8.48 Ah, in these conditions *battrey* experiencing discharge process and still leaves *battrey* capacity amounted to 32.02 Ah or 72%. Performance of the protection system shows the results if the load current exceeds the predetermined limit of 2.1 A then the relationship between *battrey* to the load will be disconnect.

Keywords : *Automatic Tracking solar cell*, unburdening, Module INA219, *battrey*.

PENDAHULUAN

Semakin bertambah manusia semakin banyak pula kebutuhan energi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Tetapi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang semakin lama berkurang menjadikan suatu masalah yang timbul selanjutnya perlu

adanya suatu energi alternatif untuk mengatasi ketergantungan tersebut. Dinas Perencanaan Sistem PT. PLN (Persero) dan Tim Energi BPPT memproyeksikan kebutuhan listrik di Indonesia selama kurun waktu 2003–2020 akan mengalami kenaikan 6,5% setiap tahunnya

(Saputra, dkk, 2014). Berdasarkan data dan fakta di masyarakat, penggunaan panel surya sebagai salah satu sumber energi listrik alternatif yang terbarukan di masyarakat saat ini masih sangat terbatas.

Teknologi panel surya sebagai salah satu sumber energi listrik terbarukan ini, diantaranya adalah proses instalasi panel surya yang sulit, dan tingkat efisiensi panel surya yang masih sangat rendah. Seperti yang kita ketahui, tingkat efisiensi *solar cell* saat ini hanya mencapai kurang lebih sekitar 5-16% dari total energi panas cahaya matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang tinggi (sekitar 16%) dibutuhkan *solar cell* yang berkualitas tinggi dan biaya investasi yang mahal. (Kadir, 1990). Berdasarkan latar belakang masalah tersebut penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat dan mengetahui kinerja *solar cell tracking system* dan proteksi beban lebih berbasis arduino pada pembangkit listrik tenaga surya.

KAJIAN PUSTAKA

Photovoltaic Cell

Sel surya *photovoltaik* merupakan suatu alat yang dapat merubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya sel tersebut merupakan suatu dioda semikonduktor yang berkerja menurut suatu proses kusus yang dinamakan proses takseimbang (*non-equilibrium proses*) dan belandaskan efek photovoltaik (Rif'an, dkk, 2012).

Battrey

Battrey adalah penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada. *Battrey* yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai *deep cycle lead acid* yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian *battrey* selama 12 jam - 16 jam (Nurharsanto, dkk, 2017).

Motor DC

Motor DC adalah sebuah perangkat atau aktuatur putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik (*close loop*), sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor (Nurharsanto, dkk, 2017).

Sensor

Photodiode adalah komponen elektronika yang merupakan salah satu jenis dari dioda, berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Komponen elektronika ini mampu mendeteksi bermacam-macam jenis cahaya yaitu mulai dari cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra violet sampai dengan Sinar-X (Kusuma, dkk, 2015).

Relay

Relay adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung atau pemutus aliran arus listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada koilnya. Dalam memutus atau menghubungkan kontak digerakkan oleh fluksi yang ditimbulkan medan magnet listrik yang dihasilkan oleh kumparan yang melilit pada besi lunak (Alexander, 2015).

Modul INA219

Modul ini menggunakan IC INA219 sebagai sensor untuk membaca nilai tegangan dan arus dari suatu sumber. Modul ini mampu untuk membaca tegangan dengan batas maksimal 26V dan mampu untuk membaca arus sampai 3,2A, sehingga modul ini juga mampu untuk membaca daya sampai dengan 80 watt. Modul ini berkomunikasi menggunakan port I2C sehingga modul ini dapat digunakan pada mikrokontroller. Modul ini dapat digunakan pada beberapa software pemrograman, seperti pada software arduino IDE (Rif'an dkk, 2012).

Control Charging

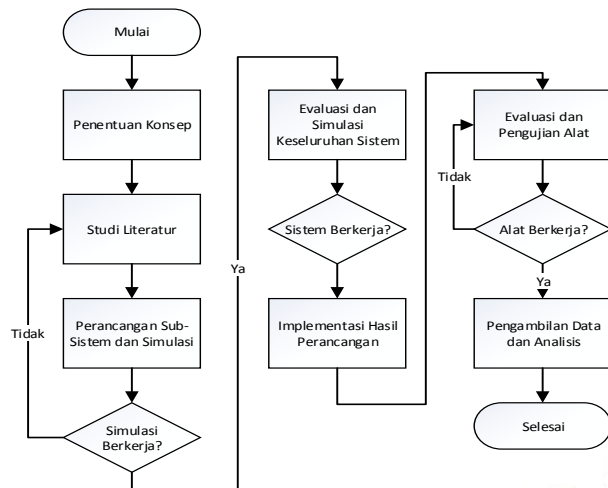
Solar charger controller adalah sebuah peralatan listrik yang digunakan untuk mengatur arus pengisian pada *battrey charger* kontrol ini juga berfungsi sebagai pensusuply beban. *Solar charger* dapat mengatur kelebihan pengisian karena apabila kelebihan pengisian berlangsung lama dapat memperpendek usia *battrey* (Evan, dkk, 2015).

Pengertian Tracking Solar cell

Traking solar cell adalah suatu system yang digunakan untuk mengikuti gerakan matahari diaplikasikan pada panel *solar cell* yang bertujuan untuk memaksimalkan daya bangkitan pada *solar cell tracking* ini perlu dilakukan karena daya bangkitan *solar cell* yang paling bagus adalah saat *solar cell* posisinya tegak lurus dengan matahari.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen dan pendekatan kuantitatif. Penelitian rancang bangun pembangkit *tracking solar cell* dan proteksi terhadap beban lebih berbasis arduino uno yang diawali dengan identifikasi dan karakteristik *solar cell*, yang dilanjutkan dengan serangkaian analisis untuk mencari besar sudut pergeseran yang optimal. Gambar 1 menunjukkan diagram alir perancangan penelitian.

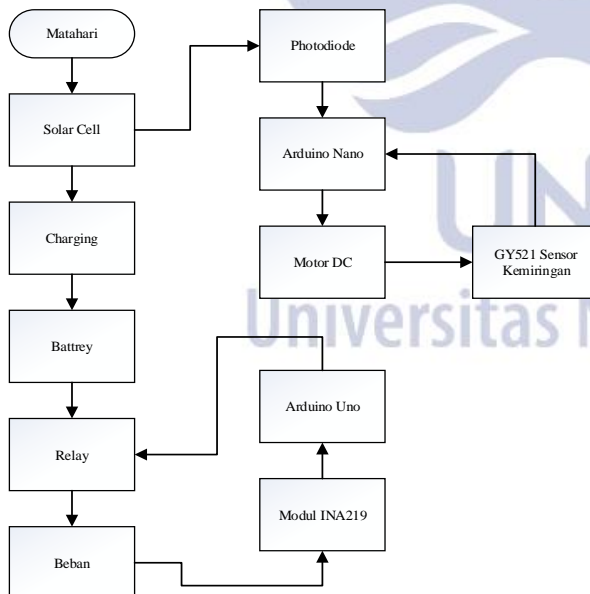


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian
(Sumber: Data Pribadi, 2018)

Penelitian diawali dengan menentukan konsep, kemudian melakukan studi literatur, dan dilanjutkan dengan implementasi alat hasil perancangan, pengujian, hingga analisa data.

Perancangan Sistem

Langkah awal dalam *tracking* adalah menentukan posisi matahari posisi yang diinginkan adalah tegak lurus dengan panel *solar cell*. Pertama sensor photodiode akan mendeteksi posisi matahari setelah itu photodiode akan memberikan sinyal pada arduino uno untuk mengolah data dari photodiode.



Gambar 2. Diagram Prinsip Kerja Sistem
(Sumber: Data Pribadi, 2018)

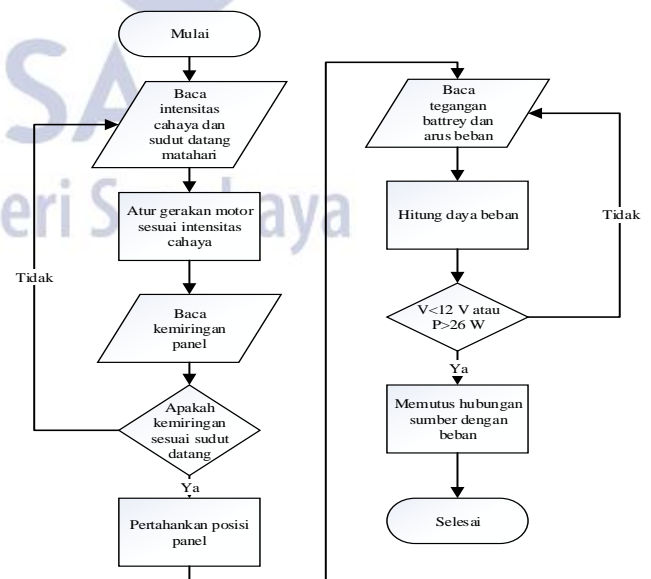
Data tersebut digunakan untuk memberikan intruksi pada motor untuk bergerak sesuai posisi photodiode yang mendeteksi sinar matahari pergerakan

motor yaitu antara 0-180 derajat. Sehingga panel *solar cell* berada tegak lurus dengan matahari dengan demikian maka diperoleh tegangan yang maksimal. Panel *solar cell* akan mengisi *battrey* pengisian pada *battrey* dikontrol dengan *solar charging*. *Solar charging* akan mengontrol pengisian *battrey* apabila *battrey* telah terisi 100% maka *solar charging* akan menghentikan proses pengisian ke *battrey* dan apabila *battrey* dayanya kurang dari 20% maka *solar charging* akan melakukan pengisian kembali. *Battrey* digunakan untuk menyimpan daya bangkitan *solar cell*, yang nantinya akan digunakan untuk *supply* lampu pada rumah minimalis sehingga dapat menghemat biaya tagihan listrik.

Alat proteksi terhadap beban lebih pada lampu penerangan menggunakan relay yang sudah dikontrol oleh arduino uno, arduino mendapat sinyal dari modul INA219 untuk mendeteksi beban lebih, batas beban yang digunakan 30 watt. Modul INA219 juga digunakan untuk mendeteksi apabila tegangan *battrey* kurang dari 12 V modul INA219 akan memberikan sinyal pada arduino uno kemudian arduino uno memerintahkan relay untuk melepas beban. sehingga apabila terjadi beban lebih pada sisi beban (lampu) dan drop tegangan pada sisi *battrey* maka relay ini akan memutus aliran listrik sehingga tidak merusak peralatan pembangkit *solar cell*.

Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak digunakan untuk menjalankan mikrokontroler agar dapat berfungsi sebagai pengendali sistem yang dibuat. Rangkaian sensor arus ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alur Program
(Sumber: Data Pribadi, 2018)

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan cara menuliskan program (*sketch*) bahasa C kedalam Arduino sehingga mikrokontroler dapat membaca sinyal yang didapatkan dari photodiode dan juga arduino nano mendapatkan sinyal dari sisi beban untuk memerintahkan relay bekerja NO (*normali open*) atau NC (*normali close*).

Mikrokontroler juga diprogram untuk dapat menggerakkan motor sesuai dengan kemiringan sudut matahari sehingga panel *solar cell* dapat tegak lurus dengan matahari meskipun matahari bergerak sepanjang hari, untuk mendapatkan sudut yang diinginkan penulis menggunakan sensor photodiode untuk pendeteksi matahari.

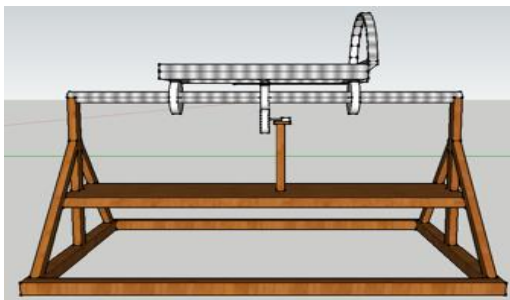
Berikut Penjelasan mengenai *Flowchat Software* Program Arduino Uno :

1. Program dimulai.
2. Penangkapan cahaya melalui sensor photodiode
3. Data diproses oleh arduino uno.
4. Arduino Nano memberikan perintah pada motor DC untuk bergerak sesuai sudut yang diinginkan.
5. Pengisian daya pada *battrey*.
6. Relay berfungsi sebagai pengaman terhadap beban lebih yang dihasilkan dari sisi beban (lampu) apabila terjadi beban lebih dari 26 watt pada sisi beban (lampu) dan tegangan *battrey* kurang dari 12 V maka sensor INA219 akan memberi sinyal pada arduino uno, arduino uno akan memproses data sehingga relay akan memutus sisi beban.
7. Selesai.

Desain Implementasi Alat

Setelah merakit semua komponen yang akan digunakan untuk *tracking solar cell* dan proteksi terhadap beban lebih maka peneliti membuat desain yang dapat bekerja secara maksimal adapun desain yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Desain Alat Tampak Depan

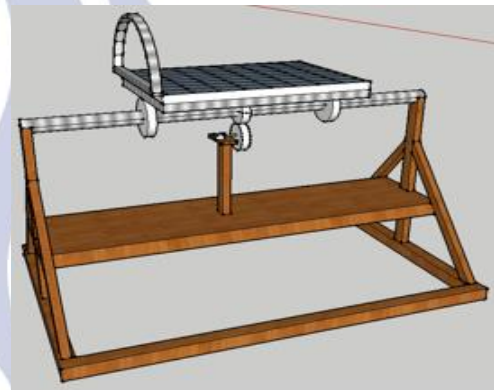


Gambar 4. Desain Alat Tampak Depan
(Sumber: Data Pribadi,2018)

Gambar 4 adalah desain tampak depan alat *tracking solar cell* dan proteksi terhadap beban lebih berbasis arduino uno ukuran penyangga yang digunakan yaitu 1 M x 50 cm x 60 cm penyangga yang digunakan berbahan kayu untuk kaki-kakinya dan untuk bagian peletakan panel *solar cell* berbahan besi.

2. Desain Alat Tampak Samping

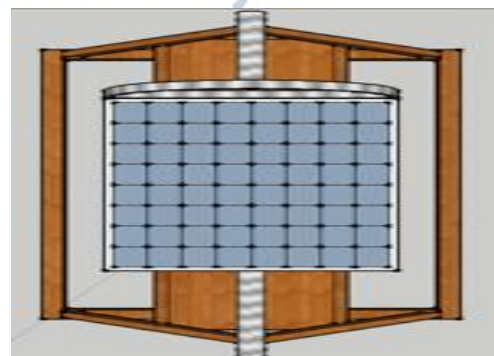
Gambar 5 dibawah menunjukkan desain alat tampak samping. Pada bagian ini terlihat motor listrik yang menggerakkan panel *solar cell* dari sudut 0-180 derajat gerakannya dari arah barat ke timur untuk menggerakkan panel *solar cell* motor dikopel menggunakan *gearbox* sehingga motor tidak berkerja terlalu berat.



Gambar 5. Desain Alat Tampak Samping
(Sumber: Data Pribadi,2018)

3. Desain Alat Tampak Atas

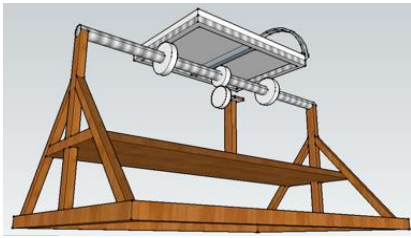
Gambar 6 merupakan desain alat tampak atas. Pada bagian ini terlihat panel *solar cell* dan tempat peletakan sensor photodiode, Desain tempat sensor photodiode dibuat melengkung disamping panel *solar cell* tujuan dibuat melengkung adalah untuk mendapatkan sinar matahari yang efisien sehingga sensor photodiode dapat berkerja maksiamal.



Gambar 6. Desain Alat Tampak Atas
(Sumber: Data Pribadi,2018)

Desain peletakan sensor photodiode sangatlah penting karena menentukan gerakan panel *solar cell* agar berda tegak lurus dengan matahari.

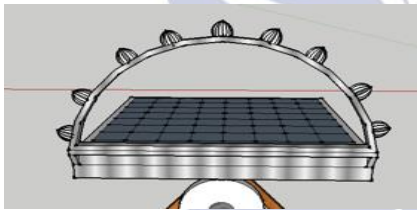
4. Desain Alat Tampak Bawah



Gambar 7. Desain Alat Tampak bawah
(Sumber: Data Pribadi,2018)

Gambar 7 merupakan desain alat tampak bawah. Pada bagian ini terlihat *gearbox* dan motor penggerak panel *solar cell* dan tatakan tempat penempatan peralatan mikrokontroler dan *battrey* desain dibuat seperti diatas agar dapat mudah diletakan disegala kondisi.

5. Desain Perancangan Sensor



Gambar 8. Desain perancangan sensor
(Sumber: Data Pribadi,2018)

Gambar 8 merupakan desain sensor photodiode. Pada bagian ini terlihat sensor photodiode diletakan dengan jarak 25 derajat antar sensor, susunan sensor photodiode diatur berdasarkan posisi matahari, sensor pertama dipasang 40 derajat karena pada sudut itu sinar matahari dapan mulai mengenai permukaan panel *solar cell*. Apabila dilihat dari sudut pandangan waktu, kira-kira sudut 40 derajat itu berada pada jam 07:00 WIB penempatan sensor menurut sudut dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Penempatan Sensor Menurut Sudut
Sumber: Data Primer,2018

No	Sudut (derajat)	Photodiode
1	40	Sensor 1
2	65	Sensor 2

Lanjutan Tabel 1. Penempatan Sensor Menurut Sudut

No	Sudut (derajat)	Photodiode
3	90	Sensor 3
4	115	Sensor 4
5	140	Sensor 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil kegiatan implementasi skripsi yang berjudul “Perancangan Dan Pembuatan *Solar cell Tracking System* Dan Pelepasan Beban Otomatis Berbasis Arduino” berhasil menghasilkan alat yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi kerja dari *solar cell* dan untuk *proteksi system* dari pembangkit listrik tenaga surya agar bisa meningkatkan *life time* dari peralatan pembangkit listrik tenaga surya.

1. Pengujian Sensor Photodiode

Pengujian sensor photodiode ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sensor photodiode dalam menangkap intensitas cahaya matahari. Data ini akan digunakan untuk arduino NANO mengerjakan motor sesuai dengan angka terbesar yang ditangkap oleh sensor photodiode sensor yang akan dilakukan pengujian berjumlah 5 buah yang diletakan pada sudut 40,65,90,115 dan 140 derajat. Untuk hasil semua pembaca sensor photodiode dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

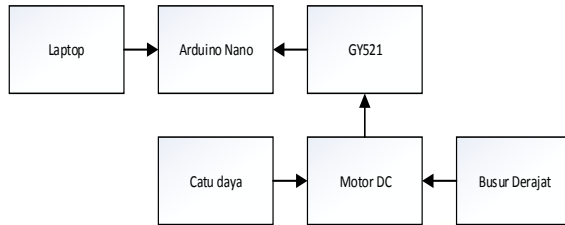
Tabel 2. Hasil Pembacaan Sensor Photodiode
Sumber: Data Primer,2018

No	sender	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sudut (°)
1	On	139	9	1	0	2	40
2	On	0	183	1	1	2	65
3	On	4	0	122	1	2	90
4	On	3	0	0	879	3	115
5	On	3	10	0	0	228	140

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat nilai perbedaan antara nilai sensor photodiode 1 sampai 5. Nilai photodiode berupa nilai digital , nilai digital merupakan nilai tegangan analog yang sudah melalui proses ADC (*analog digital converter*).

2. Pengujian Sensor GY521

Pengujian sensor GY521 ini dilakukan untuk mengetahui data yang dikeluarkan oleh sensor GY521. Data ini akan diolah oleh arduino NANO untuk mengubah posisi motor sesuai dengan sudut yang telah ditetapkan pada program, untuk sudut yang diambil adalah sudut X dan Y.



Gambar 9. Diagram Blok Pegujian Sensor GY521
(Sumber: Data Pribadi,2018)

3. Pengujian Modul INA219

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah modul INA219 dapat berkerja degan baik. Proses pengujian dilakukan dengan cara membandingkan antara nilai yang dibaca oleh modul INA219 dibandingkan dengan perhitungan dan alat ukur multimeter untuk parameter yang diukur adalah arus (I) dan tegangan (V). Hasil pegujian dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Modul INA219
Sumber: Data Primer,2018

Modul INA219		Multimeter		Perhitungan		Error	
V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	V (%)	I (%)
11,2	0,08	11,2	0,08	10,74	0,078	4,0	2,5
11,2	0,13	11,2	0,13	10,73	0,128	4,0	1,5
11,2	0,17	11,2	0,17	10,73	0,167	4,0	1,7
11,2	0,22	11,2	0,22	10,84	0,217	3,0	1,3
11,2	0,28	11,2	0,28	11,06	0,276	1,0	1,4
11,2	0,39	11,2	0,38	10,96	0,376	3,0	3,5
Rata-rata error						3,16	1,98

Dari Tabel diatas dapat kita lihat hasil pegujian modul INA219 antara perhitungan, multimeter dan modul INA219 erornya terbaca 3,16% untuk tegangan dan untuk arus 1,98% karena disetiap modul elektronika memiliki tingkat error tersendiri sehingga memungkinkan perbedaan antara nilai perhitungan dengan modul.

4. Pengujian Solar cell Tracking System

Pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah solar cell bergerak mengikuti arah matahari. Untuk

melakukan pengujian hal tersebut, solar tracking unit diletakan pada atap gedung A8 di UNESA. Pengujian dilakukan dari pagi hari jam 07:00 hingga sore hari jam 16:00 WIB, waktu tersebut merupakan efisiensi kerja penyinaran matahari menurut data BMKG Staiun Meteorologi Perak I. Pada pagi hari pukul 07:00-08:30 WIB, posisi panel solar cell tracking berada pada kemiringan sudut 40 derajat untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Posisi Panel Solar cell pada Pagi Hari
(Sumber: Data Primer,2018)

Pada Pada siang hari pukul 11.00-12:30 WIB, posisi panel solar cell tracking berada tepat ditengah pada sudut 90 derajat untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Posisi Panel Solar cell pada Siang Hari
(Sumber: Data Primer,2018)

Pada sore hari pukul 15:00-16:00 WIB, posisi panel solar tracking berada pada kemiringan sudut 140 derajat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Posisi Panel Solar cell pada Sore Hari
(Sumber: Data Primer,2018)

Pembahasan keseluruhan sistem

1. Uji Coba Solar cell

Pada Tabel 4 *solar cell* diuji dengan cara mengukur intensitas cahaya, tegangan hubung terbuka (*open loop*) dan arus hubung singkat dalam keadaan *tracking* pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Rata-Rata Pengujian *Tracking Solar cell* Selama 1 Minggu

Sumber: Data Primer, 2018

NO	Jam	Sudut (derajat)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)
1	07.00	40	19,44	0,25	4,88
2	07.30	40	19,57	0,29	5,63
3	08.00	40	20,08	0,37	7,35
4	08.30	40	20,17	0,41	8,27
5	09.00	65	20,43	0,51	10,47
6	09.30	65	20,33	0,46	9,27
7	10.00	65	20,43	0,51	10,41
8	10.30	65	20,41	0,51	10,02
9	11.00	90	20,60	0,62	12,71
10	11.30	90	20,70	0,67	13,96
11	12.00	90	20,77	0,66	13,20
12	12.30	90	20,70	0,64	13,17
13	13.00	115	20,83	0,68	14,06
14	13.30	115	20,94	0,71	14,56
15	14.00	115	20,81	0,66	13,69
16	14.30	115	20,54	0,59	12,20
17	15.00	140	20,31	0,48	9,79
18	15.30	140	20,07	0,36	7,22
19	16.00	140	19,73	0,29	5,72
Rata-Rata			20,36	0,51	10,35

Dari Tabel 4 dapat dilihat nilai tegangan dan arus maksimal pada jam 13:30 WIB dengan tegangan hubung terbuka dan arus hubung singkat sebesar 20.94 volt dan 0.71 ampere. Sedangkan nilai tegangan dan arus minimum yang dihasilkan pada uji coba ini sebesar 19.44 volt dan 0.25 ampere dengan tegangan hubung terbuka dan arus hubung singkat hasil pengujian ini didapat pada jam 07:00 WIB.

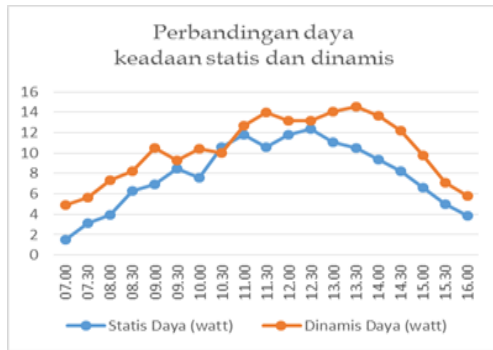
Dari jurnal penelitian sebelumnya pada keadaan tanpa *tracking* nilai hambatan pada *solar cell* cenderung lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan *tracking*. Hal ini disebabkan dengan menggunakan *tracking solar cell* dapat menyerap intensitas cahaya matahari dengan maksimal.

Tabel 5. Hasil Rata-Rata Pengujian *Solar cell* Tanpa *Tracking*

Sumber: Data Primer, 2018

NO	Jam	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (watt)
1	07.00	19,10	0,08	1,52
2	07.30	19,40	0,16	3,10
3	08.00	19,80	0,20	3,96
4	08.30	20,20	0,31	6,26
5	09.00	20,30	0,34	6,90
6	09.30	20,20	0,42	8,48
7	10.00	20,00	0,38	7,6
8	10.30	20,10	0,53	10,6
9	11.00	20,80	0,57	11,8
10	11.30	20,00	0,53	10,6
11	12.00	20,80	0,57	11,8
12	12.30	20,70	0,60	12,4
13	13.00	20,20	0,55	11,1
14	13.30	20,20	0,52	10,5
15	14.00	19,90	0,47	9,35
16	14.30	20,10	0,41	8,24
17	15.00	19,50	0,34	6,63
18	15.30	19,30	0,26	5,01
19	16.00	19,20	0,20	3,84
Rata-rata		19,98	0,391	7,878

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 dapat diambil perbandingan daya (watt) dalam keadaan statis dan dinamis.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Daya Keadaan Statis Dan Dinamis

(Sumber: Data Pribadi, 2018)

Dari Gambar 13 diketahui bahwa keadaan dinamis dapat menghasilkan daya yang lebih besar dari keadaan statis.

Dari Tabel 4 pengujian *tracking* diatas dapat ditentukan lama pemakaian dengan beban dengan beban yang telah ditentukan dan lama pengisian *battrey*. Berikut Tabel pengujian beban.

Tabel 6. Hasil Pengujian Lama Pemakaian Beban
Sumber: Data Primer, 2018

No	Beban (watt)	Lama nyala beban (jam)	Arus/jam (ampere)	Total arus (ampere)
1	3	2	0,23	0,46
2	3	2	0,23	0,46
3	5	4	0,36	1,44
4	5	4	0,36	1,44
5	5	10	0,36	3,60
6	5	3	0,36	1,08
7	Total arus		1,9	8,48

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa pemakaian dalam 1 hari dengan beban yang telah ditentukan menghabiskan arus *battrey* sebesar 8.48 Ah dengan arus sebesar 1,9 A.

Hasil pengujian lama pengisian *battrey* dalam 1 hari (9 jam) dapat dilihat pada Tabel 7 diketahui bahwa semakin besar arus (ampere) yang dihasilkan maka semakin cepat proses pengisian *battrey*.

Tabel 7. Hasil Pengujian Lama Pengisian *Battrey*
Sumber: Data Primer, 2018

No	<i>Battrey</i> (%)	Arus <i>Battrey</i> (ampere)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Lama waktu pengisian (jam)
1	30	13,5	13,8	2,78	-
2	40	18	13,8	2,78	1,6

Lanjutan Tabel 7. Hasil Pengujian Lama Pengisian *Battrey*

No	<i>Battrey</i> (%)	Arus <i>Battrey</i> (ampere)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Lama waktu pengisian (jam)
3	50	22,5	13,8	2,77	1,6
4	60	27	13,8	2,82	1,5
5	70	31,5	13,8	2,88	1,5
6	80	36	13,8	2,89	1,5
7	90	40,5	13,8	2,69	1,6
Rata-rata tegangan, arus dan total Lama pengisian			13,8	2,80	9

Dari Tabel 7 waktu pengisian *battrey* dari presentase *battrey* 30% ke 90% membutuhkan waktu 9 jam dengan rata-rata arus pengisian sebesar 2,80 A dan tegangan sebesar 13,8 V, pengisian *battrey* dilakukan selama 9 jam *battrey* dapat terisi hingga 90% atau 40.5 Ah.

Dari Tabel 6 dan 7 dapat diketahui bahwa dalam 1 hari pengisian *battrey* menghasilkan arus sebesar 40.5 Ah atau 90% awal pengisian *battrey* dari 30% arus *battrey*, pemakaian beban menghabiskan arus *battrey* sebesar 8.48 Ah/day dan menghasilkan sisa arus *battrey* sebesar 32.02 Ah/day atau 72%.

Hasil pengujian lama pengisian *battrey* dengan menyalakan beban yang telah ditentukan dalam 1 hari, pengujian ini dilakukan 9 jam. Pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 8. Hasil Pengujian Pengisian *Battrey* Dengan Penggunaan Beban.

Sumber: Data Primer, 2018

No	<i>Battrey</i> (%)	Arus pemakaian beban (ampere)	Arus pengisian (ampere)	Arus sisa (ampere)	Lama pengisian (jam)
1	40	1,9	2,75	0,85	-
2	42	1,9	2,75	0,85	1,05
3	44	1,9	2,78	0,88	1,02
4	46	1,9	2,79	0,89	1,01
5	48	1,9	2,78	0,88	1,02
6	50	1,9	2,77	0,87	1,03
7	52	1,9	2,77	0,87	1,03
8	54	1,9	2,78	0,88	1,02
9	56	1,9	2,79	0,89	1,01
10	57	1,9	2,79	0,89	0,5
Rata-rata arus pengisian dan lama pengisian			2,77	0,87	9

Dari Tabel 8 diketahui bahwa waktu pengisian *battrey* dengan menggunakan beban membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan tanpa menggunakan beban, dari presentase *battrey* 40% ke 57% membutuhkan waktu 9 jam dengan rata-rata arus

pengisian sebesar 2,77 A dan arus pemakaian sebesar 1,9 A sehingga arus rata-rata yang dapat tersimpan ke *battrey* sebesar 0,87 A. pengisian dilakukan selama 9 jam. Hal ini dikarenakan arus pengisian yang tersimpan lebih kecil rata-rata sebesar 0,87 A.

2. Pengujian System Proteksi Solar cell

Pengujian *system proteksi* pada *solar cell* bertujuan untuk mencegah kerusakan pada *system tracking solar cell* dan memperpanjang usia *battrey*, Dengan cara memutus sisi beban agar tidak melebihi batas kemampuan *battrey* dalam *mensupply* beban batas arus yang ditetapkan yaitu 2,1 A.

Pada pengujian ini beban yang digunakan yaitu 5 buah lampu DC berukuran 5 watt dan 2 buah lampu DC berukuran 3 watt dengan total arus 2,1 A.

Arduino UNO akan mengatur jumlah tegangan *battrey* minimal yang dapat dibaca sensor INA219 sehingga dikondisikan bila jumlah tegangan kurang dari 12 volt DC, maka sensor INA219 akan mendeteksi kemudian sensor INA219 akan mengirimkan data pada arduino UNO sehingga arduino UNO akan memerintahkan relay yang kondisi semula NC (*normali close*) menjadi NO (*normali open*) sehingga pada kondisi ini sisi beban akan terputus aliran listriknya. Setelah itu apabila tegangan *battrey* sudah terbaca sensor INA219 menunjukkan 12 volt DC kemudian sensor INA219 akan mengirimkan data pada arduino UNO sehingga arduino UNO akan memerintahkan relay yang semula NO menjadi NC sehingga proses *pensupply* beban dapat berlangsung kembali. Proses ini bertujuan agar *battrey* yang digunakan bisa lebih panjang umur pemakaiannya. Pemakaian *battrey* melebihi kapasitas dapat memperpendek usia *battrey*. *Battrey* akan mengeluarkan arus berlebih sehingga akan merusak sel yang ada dalam *battrey*.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa perancangan *solar cell tracking system* dan proteksi beban lebih bekerja sesuai dengan desain yang telah ditetapkan dengan hasil daya yang didapatkan rata-rata sebesar 10,35 watt dari sebelumnya tanpa *tracking* rata-rata sebesar 7,87 watt, data didapatkan dari Tabel 4 dan 5. Hasil pengisian (*charge*) dalam penyinaran matahari 9 jam terisi 40,5 atau 90% dari awal pengisian 13,5 atau 30%, data didapat dari Tabel 7. *Battrey* tersebut digunakan untuk *mensupply* beban sebesar 8,48 Ah data

didapat dari Tabel 6. Sedangkan untuk kinerja dari sistem proteksi menunjukkan hasil apabila arus beban melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 2,1 A maka hubungan antara *battrey* ke beban akan terputus.

Saran

Supaya alat ini memiliki performa dan kinerja yang lebih baik terdapat beberapa saran yang pertama agar pemakaian beban perlu dimaksimalkan lagi karena pada penelitian ini masih menyisakan kapasitas *battrey* 72% dalam 1 hari. Yang kedua supaya ditambahkan *system proteksi* pada sisi pengisian tidak hanya sisi beban. Untuk saran yang ke tiga adaah kapasitas proteksi perlu ditingkatkan supaya bisa dipakai untuk pembangkit yang lebih besar. Yang ke empat dilakukan pengembangan dengan *system tracking dual axis tracking*. Dan saran terakhir yaitu perlu diberikan proses pendinginan *solar cell* apabila *solar cell* suhunya meningkat maka tegangan *solar cell* akan berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, Danil. 2015. "Pengembangan Sistem Relay Pengendalian dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile". *Jurnal*.
- Evan, Permana, Desrianty A dkk. 2015. "Rancang Alat Pengisi Daya dengan Panel Surya Solar Charging Bag menggunakan Quality Function Deployment (QFD)". *Jurnal ISSN: 2338-5081*. Vol 03. Hal. 98-107.
- Kadir, Abdul. 1990. *Energi Sumberdaya Inovasi Tenaga Listrik Potensi Ekonomi*. Jakarta: UI-perss.
- Kusuma, Yudha, Soedjarwanto Noer dkk. 2015. "Rancang Bangun Penggerak Otomatis panel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis mikrokontroler Atmega 16". *Journal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. Volume 9. Hal. 12-20.
- Nurharsanto, Sigit, Adhy Prayitno. 2017. "Sun Tracking Otomatis Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)". *Journal of FTEKNIK*. Vol. 4. Hal. 1-6.
- Rif'an, M. Soleh HP dkk. 2012. "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya". *Journal of EECCIS*. Vol 6. Hal. 44-48.
- Saputra, A.M. Azis F.M dkk. 2014. "Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis Fresnel Solar Concentrator dan Solar Tracker". *Jurnal ITS*.